

STUDI ANALISIS KERUGIAN DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG MODO AREA BOJONEGORO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

Arya Pamungkas

Progam Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : aryapamungkas2110@gmail.com

Subuh Isnur Haryudo

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam menyalurkan tenaga listrik berbagai upaya dilakukan untuk memperkecil kerugian daya, salah satunya adalah pemasangan kapasitor *bank* pada sauran distribusi tenaga listrik. Pemasangan kapasitor berguna sebagai kompensator daya reaktif pada beban sehingga dapat mengurangi kerugian daya, Beban yang bersifat induktif akan membutuhkan daya reaktif dalam sistem kerjanya. maka sistem tersebut harus memiliki kompensator daya reaktif sendiri. Jika tidak, maka daya reaktif akan sepenuhnya disuplai oleh pusat pembangkit listrik, sehingga mengakibatkan aliran daya reaktif pada saluran, yang mengakibatkan penurunan faktor daya, nilai tegangan dan rugi-rugi daya yang besar pada saluran. Pada skripsi ini membahas besar kerugian daya (*Power Losses*) pada penyulang modo PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro 20 kV menggunakan software Etap 12.6.0. Serta memperkecil rugi daya dengan cara melakukan pemasangan kapsitor *bank* pada jaringan diharapkan dapat memperkecil kerugian daya profil tegangan dan kondisi faktor daya. Dari hasil penelitian, diperoleh perhitungan kerugian daya (*Losses*) pada penyulang Modo PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro menggunakan Etap 12.6.0 diperoleh hasil rata-rata sebesar 1.18 %, kerugian daya (*Power Losses*) pada saluran rata-rata sebesar 2.94 %. Setelah dilakukan perbaikan kerugian daya dengan cara memasang kapasitor *bank* terjadi pengurangan rugi daya rata-rata sebesar 0.99 %, penurunan kerugian daya (*Losses*) pada saluran rata rata sebesar 1.93%.

Kata Kunci: Kerugian daya, kompesasi daya reaktif, kapasitor *bank*.

Abstract

In distributing electricity, various efforts have been made to minimize power losses, one of which is the installation of capacitor banks in the distribution of electricity. The installation of capacitors is useful as a reactive power compensator in the load so that it can reduce power losses. Inductive loads will require reactive power in the working system. then the system must have its own reactive power compensator. If not, then the recovery power will be fully supplied by the power plant center, resulting in a reactive power flow in the channel, which results in a decrease in the power factor, the voltage value and large power losses on the channel. In this thesis, it discusses the power losses in the modo feeder PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro 20 kV using the Etap 12.6.0 software. As well as minimizing power losses by installing bank capacitors on the network, it is expected to reduce power losses in voltage profiles and power factor conditions. From the results of the study, obtained a calculation of power losses (*Losses*) in Modo feeder PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro uses Etap 12.6.0 obtained an average yield of 1.18 %, power losses (*Power Losses*) on the channel by 2.94 %. After repairing the power losses by installing bank capacitors there is a 0.99 % reduction in power losses, a decrease in power losses (*Losses*) on the channel by an average of 1.93 %.

Keywords: Power losses, reactive power compensation, bank capacitors.

PENDAHULUAN

Sumber energi listrik menjadi kebutuhan pokok manusia, aktivitas penggunaan tenaga listrik terus semakin meningkat hal ini berkaitan dengan tingkat perekonomian dan jumlah penduduk yang meningkat pada suatu wilayah ataupun daerah sehingga penyaluran energi listrik harus dapat terjamin, harga yang wajar dan mutu yang baik hal ini tertuang pada kebijakan energi nasional melalui PP no.5 tahun 2006. Pemasok tenaga listrik dalam hal ini PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro ,dituntut mampu memberikan suatu pelayanan tenaga listrik yang

optimal mulai pada pembangkitan tenaga listrik, jaringan transmisi dan jaringan distribusi listrik.

Dengan meningkatnya beban, besarnya rugi-rugi dan Jatuh tegangan oleh adanya tahanan pada penghantar akan semakin meningkat pula. Jatuh tegangan terjadi cukup besar apabila jarak pelanggan dengan gardu distribusi terlalu jauh sehingga menaikkan rugi-rugi daya (*Power losses*) secara signifikan. Rugi-rugi daya (*Power losses*) berbanding lurus dengan tahanan penghantar dan kuadrat arus beban. Selain itu rugi-rugi daya (*Power losses*) dapat juga disebabkan non teknis.

Dengan demikian diperlukan analisis sistem tenaga listrik untuk menentukan berapa besar rugi pada sistem kelistrikan PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro. Analisis rugi daya pada sistem kelistrikan PT. PLN (Persero) Area

Bojonegoro merupakan hal yang sangat penting dalam memonitoring Kualitas listrik dan operasi sistem tenaga. Kualitas listrik dimaksudkan sebagai langkah nyata dalam upaya keandalan sistem tenaga listrik agar sistem memiliki keandalan yang tinggi. Pada kenyataan di lapangan, penyaluran tenaga listrik terdapat kendala yang mungkin dapat terjadi, (Suhadi, dkk 2008) yaitu salah satunya adanya rugi-rugi daya (*Power losses*). Rugi-rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik dapat mempengaruhi mutu dan keandalan penyaluran pada sistem. Rugi-rugi daya diakibatkan oleh arus yang mengalir melalui penghantar tersebut.

Pada Tugas Akhir ini, akan mempelajari tentang rugi daya (*Power Losses*) pada Sistem kelistrikan di kelistrikan PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro rugi daya cenderung terjadi dikarenakan adanya adanya tahanan pada penghantar akan semakin meningkat pula. Rugi daya yang terjadi cukup besar apabila jarak pelanggan dengan gardu distribusi terlalu jauh sehingga menaikkan rugi-rugi daya (*Power losses*). Tujuan yang hendak dicapai adalah mengurangi rugi daya dan dengan cara pemasangan kapasitor *bank* dari sistem kelistrikan di Perusahaan, kemudian mensimulasikan sistem kelistrikan tersebut dengan software ETAP 12.6.0 dan menganalisa hasil simulasi. Diharapkan terjadi perbaikan kualitas listrik, dan pemakaian daya listrik menjadi optimal.

KAJIAN TEORI

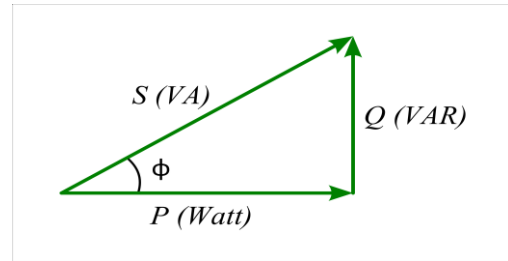
Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik secara garis besar terdairi dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pusat pembangkitan merupakan tempat energi listrik dibangkitkan, dan dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step up*), tegangan listrik yang dihasilkan berkisar antara 11 KV-765 KV. Dari saluran transmisi kemudian dihubungkan antara pusat pembangkit dengan sistem distribusi atau konsumen melalui gardu induk dengan menurunkan tegangan pada transformator penurun tegangan (*step-down*), menjadi tegangan menengah. Pada bagian distribusi inilah energi listrik selanjutnya disalurkan ke konsumen untuk berbagai keperluan (Stevenson, 1994 : 5).

Menurut Djiteng Marsudi (2006:1). Proses penyaluran tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama yaitu pembangkit, penghantar (saluran transmisi/distribusi), dan beban. Pada sistem transmisi berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari unit-unit pembangkit di berbagai lokasi ke sistem distribusi yang pada akhirnya menyuplai beban. Listrik sistem tiga fasa merupakan metode umum yang digunakan pada pembangkitan tenaga listrik arus bolak-balik, transmisi, dan distribusi.

Daya Listrik AC (*Alternating Current*)

Daya listrik AC dibedakan menjadi tiga, yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S). Hubungan dari ketiga daya tersebut dapat dinyatakan dalam segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar



Gambar 1 segitiga daya
(Sumber : Stevenson, 1994 : 19)

Dari hubungan segitiga daya pada Gambar 1 didapat persamaan sebagai berikut:

$$S = V \times I \quad (1)$$

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (2)$$

$$Q = V \times I \times \sin \phi \quad (3)$$

Keterangan:

S = Daya Nyata (Volt Amper) (VA)

P = Daya Aktif (Watt) (W)

Q = Daya reaktif (Volt Amper) (VA)

V = Tegangan (Volt) (V)

I = Arus (Amper) (A)

$\cos \phi$ = Rasio Perbandingan Sudut Daya Aktif (W) dan Daya nyata (VA)

$\sin \phi$ = Rasio Perbandingan Sudut Daya Aktif (W) dan Daya Reaktif (KVAR)

Faktor Daya

Faktor daya ($\cos \phi$) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$ (Rahmat Putra Syawal, 2015).

$$\text{Faktor Daya} = \cos \phi = \frac{P}{S} \quad (4)$$

Rugi Daya

Rugi Daya (*Power losses*) dalam sistem kelistrikan merupakan sesuatu yang sudah pasti terjadi. Pada dasarnya rugi daya adalah selisih jumlah energi listrik yang dibangkitkan dibandingkan dengan jumlah energi listrik yang sampai ke konsumen. Dan daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas (Abdul Hadi, 1994 : 86). Karena saluran distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan. seperti ditunjukkan pada rumus rugi daya berikut ini:

$$\text{Rugi daya nyata} : \Delta P = I^2 R \frac{L^3}{3} \quad (5)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} : \Delta Q = I^2 X \frac{L^3}{3} \quad (6)$$

Keterangan : Δ = Perubahan

R = Resistansi (Ohm/ Km)

X = Reaktansi (Ohm/ Km)

L = Induktansi Saluran (Henry)

Kapasitor Bank

Kapasitor *bank* memberikan manfaat yang besar untuk kinerja sistem distribusi. Dimana kapasitor bank dapat mengurangi losses, memperbesar kapasitas layanan dan mengurangi jatuh tegangan (Abdul Hadi, 1994 : 137). :

- Rugi-rugi jaringan dengan memberi kompensasi daya reaktif pada motor dan beban lainnya dengan *power* faktor yang rendah, kapasitor akan menurunkan arus jaringan. Penurunan arus ini akan mengurangi rugi-rugi jaringan secara signifikan.
- Kapasitas – penurunan arus di jaringan ini lebih lanjut akan memperbesar kapasitas pelayanan dimana, jaringan yang sama akan dapat melayani beban yang lebih besar.
- Drop tegangan – kapasitor *bank* dapat mengurangi voltage drop dimana dengan kompensasi daya reaktif akan meningkatkan menaikkan *level* tegangan jaringan.

Kebutuhan Kapasitor

Menurut Ontoseno,dkk(2010) Rumus untuk perhitungan nilai kapasitor dilakukan dengan cara bertahap, Dengan perhitungan rumus (ΔQ) maka besarnya kapasitas kapasitor yang dipasang pada bus-bus Penyulang Modo PT PLN Apj Bojonegoro untuk mendapatkan nilai faktor daya diatas 85% dengan menggunakan rumus berikut, Rumus perhitungan nilai kapasitor pada Bus dilakukan melalui 2 tahapan, Yaitu :

- Tahap 1 :

$$Q1 = P \cdot \tan(\arccos \phi_{\text{Awal}}) \quad (7)$$

$$Q2 = P \cdot \tan(\arccos \phi_{\text{Target}})$$
 Dimana daya reaktif yang dibutuhkan oleh kapasitor *bank* adalah :

$$Q_c = Q1 - Q2$$
 Keterangan : Q_c = Kompensasi Daya Reaktif (Kvar)
 Q = Daya Reaktif (Kvar)
 P = Daya aktif (Watt)

- Tahap 2 :

$$C = \frac{Q_c}{V^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} \quad (8)$$

Keterangan : Q_c = Kompensasi Daya Reaktif (Kvar)
 C = Kapasitor (Farad)
 V = Tegangan (Volt)
 π = Pi
 f = Frekuensi (Hertz)

Etap 12.6

ETAP merupakan program analisa grafik transient kelistrikan yang dapat dijalankan dengan Program Microsoft, Windows, XP, Vista, 7 dan 8, ETAP merupakan alat analisa yang komprehensif untuk desain dan testing power system. Program ETAP dibuat oleh perusahaan Operation technology,Inc (OTI) dari tahun 1983. ETAP versi 12.6 merupakan salah satu produk OTI. Tujuan program ETAP 12.6 adalah untuk memperoleh perhitungan dan analisa sistem tenaga

listrik, pada sistem yang besar pada computer. ETAP mempunyai kemampuan untuk menghitung analisa :

Load Flow Analysis, Short Circuit Analysis, Power Quality, Harmonic Analysis, Transient Stability Analysis, Relay Coordination, Optimal Power Flow Analysis, Reliability Analysis, DC Load Flow Analysis, DC Short Circuit Analysis, Battery Sizing, Cable Raceway, Grounding Grid.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini adalah deskriptif. Sesuai dengan bentuknya, pada penelitian ini bertujuan untuk mencoba melakukan pengkajian terhadap data-data teknis yang terjadi pada sistem tenaga listrik pada penyulang modo PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro. Data-data yang telah didapatkan selanjutnya akan dianalisa kualitas penyalurannya khususnya susut energi atau kerugian daya dengan menggunakan *software* Etap 12.6.

Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro, sebagai salah satu penyaluran distribusi jaringan listrik di daerah babat. Pemilihan tempat di PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro dikarenakan tempat ini bertugas memonitoring saluran saluran penyulang tenaga listrik lebih dari satu dan memiliki beban-beban listrik. Untuk waktu pelaksanaannya sendiri dilakukan pada semester genap 2017/2018.

Instrumen Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Berikut rincin data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini:

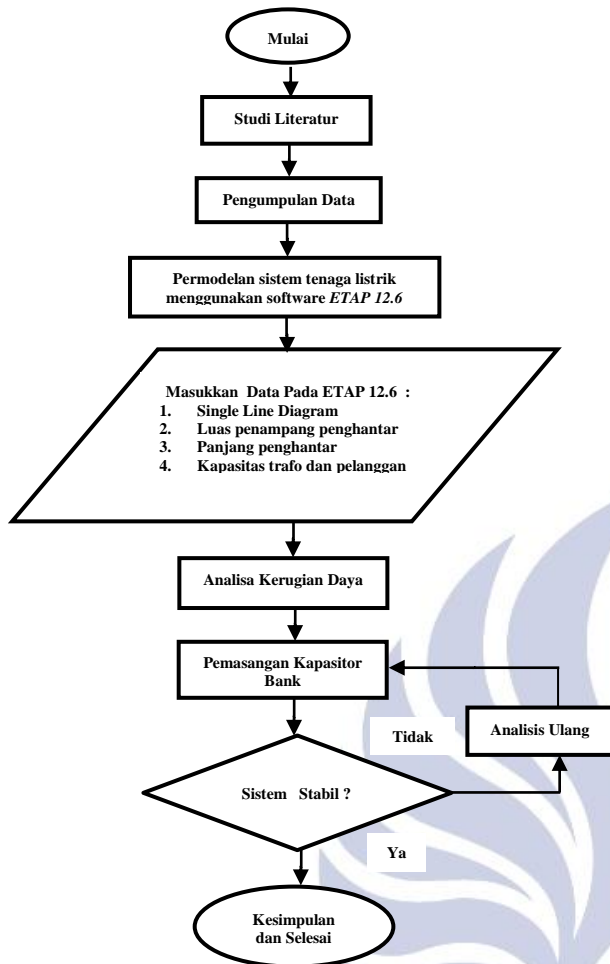
- Data *single line diagram* penyulang modo PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro.
- Data Spesifikasi dan pembebanan Transformator distribusi di penyulang modo PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro.
- Data Spesifikasi beban penyulang modo PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro.
- Data panjang saluran dan jenis saluran.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah metode yang digunakan untuk mengupulkan data dalam suatu penelitian. Dalam peneltian ini penulis menggunakan berapa metode pengumpulan data yaitu: Metode wawancara, Metode Observasi, Studi Literatur

Teknik Analisa Data

Analisa data penelitian ini dimulai dengan menelaah seluruh data yang tersedia dari berbagi sumber, yaitu wawancara, observasi dan studi literatur yang sudah ditulis dalam catatan lapangan, dokumen pribadi dan sebagainya. Setelah semua data terkumpul selanjutnya membuat rancangan penelitian melalui beberapa tahapan sebagai berikut:



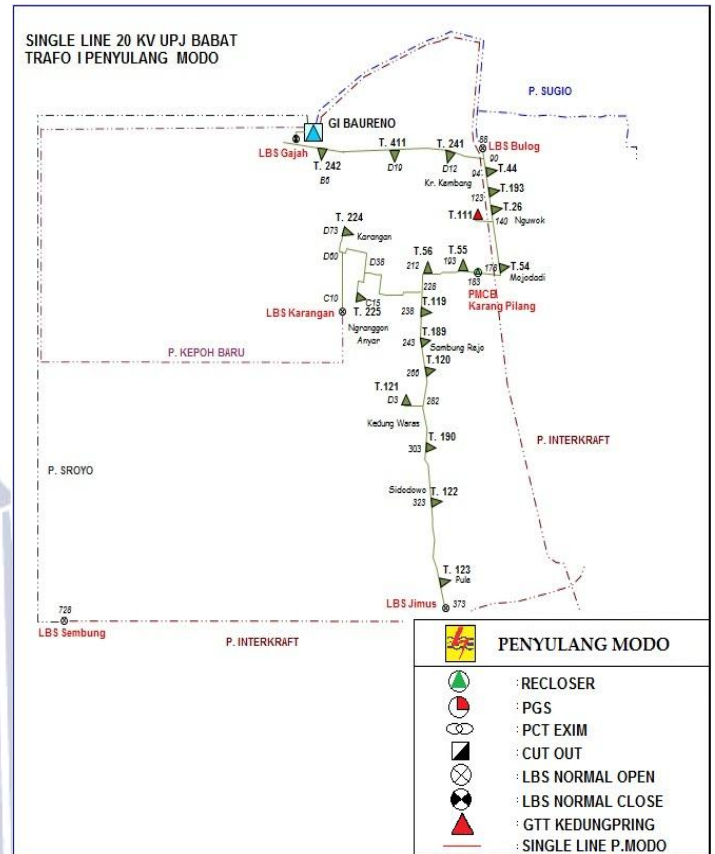
Gambar 2 Diagram Alir Penelitian.
(Sumber: Data Pribadi 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan *single line diagram* subsistem jaringan 20 kV penyulang Modo dibuat menggunakan *software* ETAP 12.6.0 berdasarkan yang ditampilkan pada data Gambar 3 Parameter *input* yang digunakan pada *software* ETAP sesuai hasil observasi yang dilakukan di PT. Area Bojonegoro. Pemodelan *single line diagram* sistem jaringan distribusi yang digunakan disesuaikan dengan subsistem jaringan distribusi di Indonesia, dengan standar kelistrikan yang digunakan adalah standar IEC dengan frekuensi 50 Hz. Hasil pemodelan *single line diagram* subsistem jaringan distribusi 20 kV, penyulang modo dapat diimplementasikan menggunakan *software* ETAP 12.6

Single Line Diagram Penyulang Modo PT.PLN (Persero) Area Bojonegoro

Single line diagram penyulang modo adalah gambaran asli yang sesuai data pada lapangan dan merupakan data yang akan digambar sistem penyulangannya Pada *software* ETAP 12.6 Gambar 3 merupakan *single line diagram* pada penyulang modo.



Gambar 3. Single Line Diagram penyulang modo
(Sumber: Data PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro, 2018).

Hasil Analisis Kerugian Daya (Power Losses) Pada Bus Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Menganalisis kerugian daya pada jaringan adalah suatu hal yang penting dilakukan mengingat untuk mengetahui kualitas daya pada suatu jaringan listrik, agar selalu termonitor kualitas dayanya. Pada penelitian skripsi ini akan dibahas besar dari kerugian daya pada penyulang modo di jaringan 20 kV

Setelah melakukan analisis kerugian daya pada bus dengan menggunakan Etap 12.6.0. hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Kerugian Daya (Power Losses) Pada Bus Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

NO	LOKASI	BUS	LOSSES	
			KW	KVAR
1	Desa Gajah	5	0.6	0.9
2	Desa Gajah	6	0.7	1.1
3	Desa Gajah	9	0.7	1.1
4	Desa Krang Kembang	11	2.5	3.8

Lanjutan Tabel 1.

NO	LOKASI	BUS	LOSSES	
			KW	KVAR
5	Desa Nguwok	14	2.6	4.0
6	Desa Nguwok	18	1.9	2.9
7	Desa Mojodadi	21	1.4	2.0
8	Desa Karangpilang	24	0.5	0.7
9	Desa Topang, Kedung rejo	26	0.5	0.8
10	Desa Sambong Rejo	33	0.4	0.6
11	Desa Sidomulyo	34	0.6	0.9
12	Desa Sidomulyo	39	0.8	1.2
13	Desa Sidodowo	50	1.1	1.7
14	Desa Sidodowo	51	0.3	0.4
15	Desa Nguwok	57	3.7	5.5
16	Desa Kranggan Anyar	58	0.6	0.9
17	Desa Karangan	59	1.4	2.1
18	Desa Kedungwaras	60	1.4	2.1
19	Desa Pule	61	0.8	1.2

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Hasil Analisis Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Saluran Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Setelah melakukan analisis kerugian daya pada saluran dengan menggunakan Etap 12.6.0. hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Saluran Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

NO	NAMA PENGHANTAR	JENIS PENGHANTAR	PANJANG PENGHANTAR	LOSSES	
				KM	KW
1	Kabel 1	AAAC/S 3x150 mm ²	28.5	1.9	0.3
2	Kabel 2	AAAC/S 3x150 mm ²	28.5	1.9	0.3
3	Kabel 3	AAAC/S 3x150 mm ²	13	49.1	6.9
4	Kabel 4	AAAC/S 3x150 mm ²	0.276	1.0	0.1
5	Kabel 5	AAAC/S 3x150 mm ²	0.241	0.8	0.1
6	Kabel 6	AAAC/S 3x150 mm ²	0.327	1.0	0.1
7	Kabel 7	AAAC/S 3x150 mm ²	0.754	1.8	0.2
8	Kabel 8	AAAC/S 3x150 mm ²	1.314	2.3	0.3

Lanjutan Tabel 2.

NO	NAMA PENGHANTAR	JENIS PENGHANTAR	PANJANG PENGHANTAR	LOSSES	
				KM	KW
9	Kabel 9	AAAC/S 3x150 mm ²	0.204	0.0	0.0
10	Kabel 10	AAAC/S 3x150 mm ²	1.724	0.0	0.0
11	Kabel 11	AAAC/S 3x150 mm ²	0.780	0.5	0.1
12	Kabel 12	AAAC/S 3x150 mm ²	0.780	0.4	0.1
13	Kabel 13	AAAC/S 3x150 mm ²	0.578	0.0	0.0
14	Kabel 14	AAAC/S 3x150 mm ²	0.775	0.0	0.0
15	Kabel 15	AAAC/S 3x150 mm ²	0.847	0.2	0.0
16	Kabel 16	AAAC/S 3x150 mm ²	3.31	0.7	0.1
17	Kabel 17	AAAC/S 3x150 mm ²	0.189	0.0	0.0
18	Kabel 18	AAAC/S 3x150 mm ²	0.857	0.0	0.0
19	Kabel 19	AAAC/S 3x150 mm ²	1.108	0.1	0.0
20	Kabel 20	AAAC/S 3x150 mm ²	1.408	0.0	0.0
21	Kabel 21	AAAC/S 3x150 mm ²	1.06	0.0	0.0

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Analisis Pengurangan Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Penyulang Modo PT. PLN (Persero) Area Bojonegoro Menggunakan Etap 12.6.0.

Pada jaringan penyulang memiliki kerugian daya pada sistem tersebut yang dapat dilihat hasilnya pada Tabel 3 dan 4 setelah melakukan simulasi menggunakan Etap 12.6 dan diketahui hasil dari kerugian daya kemudian adalah melakukan upaya untuk mengurangi kerugian daya pada jaringan penyulang menggunakan Etap 12.6 dengan menambahkan komponen yaitu kapasitor *bank* / kapasitor *shunt*, kapasitor ini berfungsi memberikan manfaat yang besar untuk kinerja sistem distribusi. Dimana kapasitor *bank* dapat mengurangi *losses*, memperbesar kapasitas layanan dan mengurangi jatuh tegangan. Kapasitas penurunan arus di jaringan ini lebih lanjut akan memperbesar kapasitas pelayanan dimana, jaringan yang sama akan dapat melayani beban yang lebih besar. Kapasitor *bank* dapat mengurangi kerugian daya dimana dengan kompensasi daya reaktif akan meningkatkan menaikkan *level* tegangan jaringan.

Penghitungan kebutuhan kapasitor *bank* untuk Software Etap.12.6.

a. Bus 5

$$\cos \varphi = 84.66 \%$$

$$P = 57.391 \text{ kW}$$

Untuk pemasangan kapasitor *bank* dipakai $\cos \varphi$ 94.00 % jadi., untuk

$$Q_1 = 57.391 \tan (\arccos 0.8466) = 37.070 \text{ kVAR}$$

$$Q_2 = 57.391 \tan (\arccos 0.94) = 20.830 \text{ kVAR}$$

Dimana daya reaktif yang dibutuhkan oleh kapasitor *bank* adalah : $Q_c = Q_1 - Q_2$
 $= 37,070 - 20.830$
 $= 15,249 \text{ kVAR} = 16 \text{ KVAR}$

$$C = \frac{Q_c}{V^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}$$

$$= \frac{15.249 \times 10^3}{20.000^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50}$$

$$= \frac{15249}{125600000000}$$

$$= 1,214 \times 10^{-7} \text{ F}$$

Perhitungan kebutuhan Kapasitor *Bank* pada ETAP 12.6 selanjutnya dapat dilakukan dengan cara menggunakan perhitungan di atas.

Simulasi Solusi Menggunakan Etap 12.6.

Pada jaringan penyulang memiliki kerugian daya pada sistem tersebut yang dapat dilihat hasilnya pada tabel 1 dan 2, setelah melakukan simulasi menggunakan Etap 12.6 dan diketahui hasil dari kerugian daya kemudian adalah melakukan upaya untuk mengurangi kerugian daya pada jaringan penyulang menggunakan Etap 12.6 dengan menambahkan komponen yaitu kapasitor *bank*.

Setelah pemasangan kapsitor *bank* pada jaringan penyulang menggunakan Etap 12.6, terjadi pengurangan kerugian daya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4

Tabel 3. Hasil Simulasi Solusi Untuk mengurangi Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Bus Setelah Pemasangan Kapasitor *Bank*

NO	LOKASI	BUS	LOSSES	
			KW	KVAR
1	Desa Gajah	5	0.4	0.6
2	Desa Gajah	6	0.5	0.7
3	Desa Gajah	9	0.5	0.7
4	Karang Kembang	11	1.6	2.4
5	Desa Nguwok	14	1.7	2.6
6	Desa Nguwok	18	1.9	2.9
7	Desa Mojodadi	21	1.4	2.1
8	Desa Karangpilang	24	0.5	0.7
9	Desa Topang, Kedung rejo	26	0.5	0.8
10	Desa Sambong Rejo	33	0.4	0.6
11	Desa Sidomulyo	34	0.6	0.9

Lanjutan Tabel 3.

NO	LOKASI	BUS	LOSSES	
			KW	KVAR
12	Desa Sidomulyo	39	0.8	1.2
13	Desa Sidodowo	50	1.1	1.7
14	Desa Sidodowo	51	0.3	0.4
15	Desa Nguwok	57	2.4	3.6
16	Desa Kranggon Anyar	58	0.6	1.0
17	Desa Karangan	59	1.4	2.2
18	Desa Kedungwaras	60	1.4	2.1
19	Desa Pule	61	0.8	1.2

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Simulasi Solusi Mengurangi Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Saluran Sebelum Pemasangan Kapasitor *Bank*

Setelah melakukan simulasi untuk mengurangi kerugian daya pada saluran dengan menggunakan Etap 12.6.0. hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Solusi Untuk mengurangi Kerugian Daya (*Power Losses*) Pada Saluran Setelah Pemasangan Kapasitor *Bank*.

NO	NAMA PENGHAN-TAR	JENIS PENGHAN-TAR	PANJANG PENGHAN-TAR	LOSSES	
			KM	KW	KVAR
1	Kabel 1	AAAC/S 3x150 mm ²	28.5	1.2	0.2
2	Kabel 2	AAAC/S 3x150 mm ²	28.5	1.2	0.2
3	Kabel 3	AAAC/S 3x150 mm ²	13	31.2	4.4
4	Kabel 4	AAAC/S 3x150 mm ²	0.276	0.6	0.1
5	Kabel 5	AAAC/S 3x150 mm ²	0.241	0.5	0.1
6	Kabel 6	AAAC/S 3x150 mm ²	0.327	0.7	0.1
7	Kabel 7	AAAC/S 3x150 mm ²	0.754	1.3	0.2
8	Kabel 8	AAAC/S 3x150 mm ²	1.314	1.9	0.3
9	Kabel 9	AAAC/S 3x150 mm ²	0.204	0.0	0.0
10	Kabel 10	AAAC/S 3x150 mm ²	1.724	0.0	0.0
11	Kabel 11	AAAC/S 3x150 mm ²	0.780	0.5	0.1
12	Kabel 12	AAAC/S 3x150 mm ²	0.780	0.4	0.1
13	Kabel 13	AAAC/S 3x150 mm ²	0.578	0.0	0.0
14	Kabel 14	AAAC/S 3x150 mm ²	0.775	0.0	0.0
15	Kabel 15	AAAC/S 3x150 mm ²	0.847	0.2	0.0
16	Kabel 16	AAAC/S 3x150 mm ²	3.31	0.7	0.1

Lanjutan Tabel 4

NO	NAMA PENGHANTAR	JENIS PENGHANTAR	PANJANG PENGHANTAR	LOSSES	
			KM	KW	KVAR
17	Kabel 17	AAAC/S 3x150 mm ²	0.189	0.0	0.0
18	Kabel 18	AAAC/S 3x150 mm ²	0.857	0.0	0.0
19	Kabel 19	AAAC/S 3x150 mm ²	1.108	0.1	0.0
20	Kabel 20	AAAC/S 3x150 mm ²	1.408	0.0	0.0
21	Kabel 21	AAAC/S 3x150 mm ²	1.06	0.0	0.0

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Perbandingan Kondisi Sistem Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Pemasangan Kapasitor Bank Menggunakan Etap 12.6.0

Perbandingan kondisi sistem sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan komponen kapasitor *bank* pada Etap 12.6.0, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi perbaikan sistem. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan secara spesifik dari kedua hasil tersebut untuk mengetahui kondisi perubahan sistem secara rinci. Berikut perbandingan uraian hasil aliran daya dalam keadaan normal dan kondisi sesudah di pasang kapasitor *bank* yang meliputi kerugian daya, *drop voltage*, dan faktor daya seperti ditunjukkan pada Tabel 5, dan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 5 Kondisi kerugian Daya (KW) Pada Bus Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank

NO	LOKASI	KODE BUS	KERUGIAN DAYA ΔP (%)		
			SEBELUM PEMASANGAN	SESUDAH PEMASANGAN	PERBAIKAN
			KW	KW	
1	Desa Gajah	5	0.6	0.4	0.2
2	Desa Gajah	6	0.7	0.5	0.2
3	Desa Gajah	9	0.7	0.5	0.2
4	Desa Karang Kembang	11	2.5	1.6	0.9
5	Desa Nguwok	14	2.6	1.7	0.9
6	Desa Nguwok	18	1.9	1.9	0
7	Desa Mojodadi	21	1.4	1.4	0
8	Desa Karangpila ng	24	0.5	0.5	0
9	Desa Topang, Kedung rejo	26	0.5	0.5	0
10	Desa Sambong Rejo	33	0.4	0.4	0

Lanjutan Tabel 5

NO	LOKASI	KODE BUS	KERUGIAN DAYA ΔP (%)		
			SEBELUM PEMASANGAN	SESUDAH PEMASANGAN	PERBAIKAN
			KW	KW	
11	Desa Sidomulyo	34	0.6	0.6	0
12	Desa Sidomulyo	39	0.8	0.8	0
13	Desa Sidodowo	50	1.1	1.1	0
14	Desa Sidodowo	51	0.3	0.3	0
15	Desa Nguwok	57	3.7	2.4	1.3
16	Desa Kranggon Anyar	58	0.6	0.6	0
17	Desa Karangan	59	1.4	1.4	0
18	Desa Kedungwaras	60	1.4	1.4	0
19	Desa Pule	61	0.8	0.8	0
20	Rata-Rata		1.18	0.99	0.19

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Tabel 6 Kondisi kerugian Daya (KW) Pada Saluran Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank

NO	SALURAN	KERUGIAN DAYA ΔP (%)		
		SEBELUM PEMASANGAN	SESUDAH PEMASANGAN	PERBAIKAN
		KW	KW	
1	Kabel 1	1.9	1.2	0.7
2	Kabel 2	1.9	1.2	0.7
3	Kabel 3	49.1	31.2	17.9
4	Kabel 4	1.0	0.6	0.4
5	Kabel 5	0.8	0.5	0.3
6	Kabel 6	1.0	0.7	0.3
7	Kabel 7	1.8	1.3	0.5
8	Kabel 8	2.3	1.9	0.4
9	Kabel 9	0.0	0.0	0
10	Kabel 10	0.0	0.0	0
11	Kabel 11	0.5	0.5	0
12	Kabel 12	0.4	0.4	0

Lanjutan Tabel 6

NO	SALURAN	KERUGIAN DAYA ΔP (%)		
		SEBELUM PEMASANGAN	SESUDAH PEMASANGAN	PERBAIKAN
		KW	KW	
13	Kabel 13	0.0	0.0	0
14	Kabel 14	0.0	0.0	0
15	Kabel 15	0.2	0.2	0
16	Kabel 16	0.7	0.7	0
17	Kabel 17	0.0	0.0	0
18	Kabel 18	0.0	0.0	0
19	Kabel 19	0.1	0.1	0
20	Kabel 20	0.0	0.0	0
21	Kabel 21	0.0	0.0	0
22	Rata- Rata	2.94	1.93	0.96

(Sumber: Data Penelitian, 2018)

Dari Tabel 5 diketahui perbedaan kerugian daya (*Losses*) pada bus saat sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan komponen kapasitor *bank* pada bus 9 mengalami perbaikan sebesar 0,2 KW, bus 11 mengalami perbaikan sebesar 0,9 KW, dan seterusnya.

Dari Tabel 6 diketahui perbedaan kerugian daya (*Losses*) pada bus saat sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan komponen kapasitor *bank* pada Kabel 4 mengalami perbaikan sebesar 0.4 KW, Kabel 8 mengalami perbaikan sebesar 0.4 KW, dan seterusnya.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil perhitungan kerugian daya (*Losses*) pada penyulang Modo PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro menggunakan Etap 12.6.0 diperoleh hasil rata-rata pada bus sebesar 1.18 %, dan kerugian daya (*Losses*) pada saluran sebesar 2.94 %.

Kebutuhan nilai kapasitor *bank* pada bus berbeda – beda ukuran, karena sesuai dengan hasil perhitungan kebutuhan kapasitor *bank*, seperti bus 5 sebesar 16 KVAR, bus 6 sebesar 14 KVAR, bus 9 sebesar 14 KVAR, bus 11 sebesar 33 KVAR, bus 18 sebesar 45 KVAR, bus 21 sebesar 23 KVAR.

Setelah dilakukan pemasangan komponen kapasitor *bank* pada software Etap 12.6.0 kondisi sistem mengalami perbaikan yaitu diantaranya: Perbaikan penurunan kerugian daya (*Losses*) pada penyulang rata rata pada bus sebesar 0.99 %, dan penurunan kerugian daya (*Losses*) pada saluran rata rata sebesar 1.93 %.

Saran

Hasil penelitian ini dapat dipergunakan untuk melakukan memonitoring / evaluasi kinerja pada subsistem jaringan 20 kV penyulang modo dengan memperhatikan perubahan beban.

Kerugian daya (*Losses*) pada penyulang Modo PT. PLN (Persero) APJ Bojonegoro juga dapat dikurangi dengan cara pemeliharaan atau mengganti komponen komponen yang rusak pada sistem tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi, Abdul. 1994. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Hadi, Abdul. 2009. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Marsudi,Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*.Yogyakarta: Graha Ilmu.
- D.Stevenson, William. 1994. *Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Theraja, B.L. 1984. *Basic Electrical Engineering Vol 1: S.Chand*.
- Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 1. Jakarta. Unesa University Press.
- Kadir,Abdul.2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta:UI. Press.
- Penangsang,Ontoseno,dkk. 2010. *Analisis Power Quality Pada Sistem Kelistrikan PT. Indopipe Polyplast*. Surabaya: FTI-ITS Jurnal Teknik (2010).
- Tampubolon,David.2014.Optimalisasi Penggunaan Kapasitor *Bank* Pada Jaringan 20 Kv Dengan Simulasi Etap (Studi Kasus Pada Feeder Srikandi di PLN Rayon Pangkalan Balai, Wilayah Sumatera Selatan). Medan : Jurnal Teknik Elektro. Universitas Sumatra Utara.
- Gutierrez Da Cruz, Reinaldo. 2009. *Analisis Kualitas Daya Dan Cara Peningkatannya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Dan Rendah EDTL Timor Leste Di Sistem PLTD Kabupaten Baucau*. Surabaya: Tugas Akhir FTI-ITS Jurnal Teknik (2009).
- Syawal,Putra,Rahmat.2015. *Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya*. Kendari : Tugas Akhir.Universitas Halu Oleo.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia.2006. Nomor 5 Tahun 2006. *Tentang Kebijakan Energi Nasional*. Draft 3 (2006).
- PT. PLN. 2010. *Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor : 605. K/DIR/2010. Tentang Satndar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu HubunganTenaga Listrik*. Buku 4. Jakarta (2010).
- Tim Penyusun Buku Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1). 2014. *Buku Pedoman Penulisan Skripsi Universitas Negeri Surabaya*.